Циолковский

КОСМИЧЕСКАЯ РАКЕТА. ОПЫТНАЯ ПОДГОТОВКА.

(Понимать и оценить эту статью можно только освоившись с моим исследованием 26 г.).

Описание чертежа.

Сначала необходимо произвести опыты на одном месте, т. е. без заметного перемещения прибора. Предполагается при этом выработать подходящую конструкцию, также управление взрывом, направлением прибора, его устойчивостью и проч.

Черт. 1 изображает предполагаемое на первое время устройство аппарата. Рисунок схематический (переменный масштаб), т. е. без соблюдения пропорциональности частей. Потом я постараюсь приблизительно дать истинные размеры.

Начинаем описание справа налево.

1) (М) есть бензиновый мотор для выкачивания и накачивания жидкого воздуха, кислорода или его эндогенных соединений. Тот же мотор служит также и для накачивания водородных соединений. Глушитель следует устранить, а продукты горения выбрасывать назад по направлению обратному предполагаемому движению. Это хоть немного увеличит реактивное действие ракеты. Впрочем, для опытов это не важно.

2) (Нк) и (Нв). Два насоса, приводимые в движение одним двигателем. Первый накачивает во взрывную трубу кислородные соединения, другой — водородные. Объемы их должны соответствовать полному соедине-

дию взрывчатых веществ. Об'ем кислородного цилиндра вообще, больше водородного.

Окончательная регулировка может закончиться изменением хода одного из поршней. Регулировка имеет важное значение; если кислорода будет больше, чем нужно, то может загореться взрывная труба, если— меньше, то даром будет пропадать горючее.

Определим отношение об'емов насосных цилиндров в случае употребления бензина (C_6H_6) и жидкого кислорода (O_2). При сгорании получается вода (H_2O) и углекислый газ (CO_2). Для C_6 и получения (CO_2) надо (O_{12}) или 192 весовых части кислорода, а для (H_6) надо (O_3) или 48 частей. Всего 240 частей кислорода. Бензол же имеет 78 частей. Стало быть кислорода надо по весу больше в 3,1 раза. При одинаковых (приблиз.) плотностях и об'ем кислорода будет втрое больше, чем бензола. Если взять соединения, которые содержат больше водорода, напр.: ожиженный этилен (C_2H_4), или скипидар ($C_{10}H_{16}$), то отношение будет больше, но мало изменится. Так для маслородного газа (C_2H_4) оно будет 3,4. Для скипидара (терпентинное масло) оно близко к 3,2 (предполагая одинаковые плотности). Но при употреблении жидкого воздуха, в котором много азота, об'емное количество кислорода может увеличиться в 5 раз и отношение об'емов цилиндров дойдет до 15. Но часть азота обыкновенно удаляется и потому это отношение гораздо меньше и может дойти до 4—5. Эндогенные соединения кислорода (напр.: азотный ангидрид N_2O_5) также это отношение увеличивают, но очень немного. Так это соединение доводит отношение кислородного соединения к водородному (бензину) до 4,2.

Если вталкивать каким нибудь способом угольный порошок, т.-е. чистый углерод (С=12), то количество кислорода (O_2) окажется только в $2^3/_4$ раза больше, чем угля. Если же последий плотен как алмаз, то кислорода по об'ему потребуется даже меньше, чем углерода.

3) (Кк) (Кв)—насосные клапаны. У одного насоса два кислородных клапана, у другого — два водородных (т.-е. пропускающих водородное соединение). Клапаны находятся на некотором расстоянии от места взрыва (Рк, Рв) и потому портиться от нагревания не могут. Кроме того, кислородная смесь очень холодна, а водородное соединение охлаждено сильно ею же, почему жар взрыва не доходит во вредной степени до насосов и клапанов. Клапаны, ведущие во взрывную трубу, захлопываются с ужасною силою в момент взрыва. Только тогда, когда уменьшится давление в трубе и продукты взрыва частью улетят, частью разредятся, могут открыться клапаны и двигаться поршни, чтобы дать трубе новую порцию взрывчатых веществ (**вернее их называть элементами взрыва, так как отдельно они не взрываются, как например, порох или нитроглицерин и потому совершенно безопасны**). Отсюда видно, что секундное число оборотов двигателя (или ходов поршня) не может быть выше меры, определяемой опытом. Отсюда и необходимость переменной передачи. Если, например, придется число оборотов уменьшить в 5 раз, то передача должна этого достигнуть, чтобы мотор экономно работал. Но того же можно достигнуть, уменьшив об'ем каждого насоса в 5 раз или же ход поршней во столько же раз. Первое выгоднее. Тогда переменная передача или переменный ход поршней может понадобиться только в будущем для изменения силы взрывания.

4) Птк и Птв. Это проводные трубы для кислорода и водорода. Они идут от баков и оканчиваются у насосов. Они не подвергаются давлению взрыва, как и баки, и потому могут быть устроены из тонкого материала.

5) Рк и Рв суть решетки с косыми дырами для лучшего смешения углеводорода с кислородною смесью. Начало взрывной трубы перегорожено пополам. По одной половине устремляется кислородная смесь, по другой— углеводород. Тут они холодны и смешаться не могут.

Смешение и взрыв происходят далее, за решетками, где множество разнородных струй приходят в столкновение и смешение. Накаленная в этом месте (еще ранее) труба побуждает их к химическому соединению или взрыву. (Для первых опытов нужно иметь электрический или другой запал, накаляемый при начале опытов, пока не накалилась перегородка). Цель перегородок—удалить клапаны от чрезмерного жара, несколько охладить взрывную трубу и уменьшить (уравнять) силу взрыва и его давление на дно трубы.

Если дыры в решетке очень мелки и их много, то взрывание будет чересчур быстро, взрывной толчок ужасен и труба может пострадать. Число и размер дыр надо определить опытом, начав с дыр крупных, уменьшая их до возможной степени и увеличивая одновременно их число. Направление их или взаимный наклон также измеряется до получения лучшего результата.

6) (В. Т.) Взрывная труба конической формы. Эта расширяющаяся к выходу форма сокращает длину трубы. Опыт должен определить наиболее выгодную степень ее расхождения, или угол конуса. Очень большой угол сильно сократит длину, но разбрасывая взрывчатые вещества в стороны, меньше их использует.

Взрывная труба должна быть сделана из материала прочного (даже при высокой температуре), тугоплавкого и несгораемого; хорошо, если он также и лучший проводник тепла. Доступнее сделать трубу из двух оболочек: первая—внутренняя очень прочная и тугоплавкая, вторая—менее тугоплавкая, но то же прочная и хорошо проводящая тепло. Благодаря этому, страшное нагревание трубы по близости решеток будет быстрее уноситься наружной трубой в обе стороны и будет полезно обоим сторонам трубы: справа будут подогреваться холодные еще не смешанные жидкости, а слева—расширяющиеся и охлаждающиеся от того потоки газов. Нагревание прибавит им скорости, что и нужно.

Кроме того, труба охлаждается еще и жидкостями. Нефть (водородное соединение) охлаждает трубу и сама охлаждается смесью жидкого кислорода.

Опыт заставит нас многократно менять материалы, взрывные вещества и устройство трубы.

7) (ВБ и КБ). Внутренний водородный или нефтяной бак, окружающий горячую часть взрывной трубы, и наружный, окружающий водородный бак и охлаждающий его своим жидким кислородом. Баки не должны свариваться со взрывной трубой, так как она подвержена взрывным толчкам и потому будет рвать баки в случае тесного соединения их стенок с пушкой. Герметическое соединение с нею возможно при волнистых стенках бака.

8) (РВ и РГ). Рули—против выходного отверстия взрывной трубы. Так как будущий аппарат летит то в воздухе, то в пустоте и опускается на землю планированием (после того, как израсходует весь взрывной материал или после того как с намерением прекратит взрывы), то рули должны действовать одинаково хорошо как в воздухе, так и в пустоте. Также и при неподвижности привязанного аппарата во время первых опытов. Перед опытами прибор должен висеть на веревке, привязанной нижним концом к центру его тяжести, чтобы иметь безразличное равновесие. Сильно наклоняться он не может, так как этому мешает близкий пол (почва или помост). При первых опытах в помещении (или наружи) измеряется только средняя реактивная сила или отдача, возбуждаемая рядом почти сливающихся взрывов. Это есть тяга прибора или стремление его вперед. Конечно, при этих опытах прибор укрепляют так, чтобы он не мог вертеться и только натягивал заднюю веревку с динамометром. Потом упражняются в рулях. Делают свободным вращение аппарата и маневрируя рулями стараются дать ему определенное направление и стремятся сохранить его. Сначала

упражняются с одним вертикальным рулем. Хотя снаряд и будет немного наклонен, но направление его в горизонтальной плоскости мы будем менять по желанию. Потом пускают в дело и горизонтальный руль, состоящий из двух плоскостей (вроде раздвоенного хвоста некоторых птиц) и двойной штанги для ручного управления. Таким способом пытаемся направить продольную ось ракеты независимо от пола. Даем, напр,, снаряду полную горизонтальность. Боковая устойчивость достигается взаимным наклоном частей горизонтального руля, что достигается расхождением рычагов двойной штанги. Тут нет ничего нового: все как у самолета. Эти же рули (они могут выходить за пределы трубы) служат также в пустоте при взрыве или даже без взрыва, но при стремительном движении снаряда в воздухе по инерции, когда он возвращается на землю планированием.

9—10. Рама (Р) и перекладина на раме, или опора (Оп). Взрывная труба в ее узком начале должна быть особенно массивна. Тут у нее есть выдающаяся часть, которая и опирается на перекладину рамы. Опора выдерживает на себе частый ряд могучих толчков, сливающихся в одно сильное давление, которое должно выдерживать перекладина и рама. Для успешности этого число свободных вибраций перекладины не должно быть кратным числу оборотов мотора, или числу взрывов. В противном случае раскачается и сломится даже очень крепкая опора.

Взрывание не может быть вполне равномерным, и в виду массивности всей системы и большого числа взрывов в секунду (до 25), получится некоторое среднее давление, которое и определится силомером. Нам выгодно, чтобы сила взрывания (или тяга), приходящаяся на единицу массы утрачиваемых в секунду взрывных веществ, была наибольшей. Путем бесчисленных опытов мы этого должны добиться. Также целости и легкости всего аппарата. Целость достигается прочностью материала и другими его качествами, его

формой (или устройством), хорошим охлаждением, обширностью взрывной части трубы (взрывная полость, что по близости решеток) и уменьшением порции взрывных веществ и их силы. Взрывную полость нужно сокращать понемногу, понемногу же увеличивать и разовую порцию накачиваемых веществ.

Размеры и количества.

Полагая тонну на весь снаряд, на запасы взрывчатых материалов и управителя, практические результаты, т.-е. возможность полета, получим уже при расходовании в секунду 0,3 килогр. взрывных веществ. (См. мое **„Исследование“** 26 года, стр. 77).

Работа накачивания будет менее одной метр. силы (там же, стр. 108). Отсюда видно, что на мотор выходит горючего в несколько сотен раз меньше, чем на взрывную трубу и потому реактивное действие двигателя (выброски газов назад) почти незаметно в сравнении с трубой.

Расчеты сделаем не на 0,3 кило, а на 1 кило. Узнаем в таком случае об‘ем двух насосных цилиндров (вместе), предполагая единицу плотности взрывающихся веществ, что не очень далеко от истины.

Если мотор делает 25 оборотов в секунду, то каждый оборот должен давать 40 куб. сант. Значит, оба насоса **вместе** имеют об‘ем куба с ребром в 3,4 сант. Насосы, очевидно, крохотные. Но благоразумнее начать с меньшего количества взрывных веществ, напр., с 0,1 кило.

Об‘ем этого материала будет равен кубу с ребром в 1,6 сант. (16 мм). Ясно, что весом насосов мы можем совершенно пренебречь, тем более, что они не подвержены сильному давлению.

Опыт покажет, может ли небольшая сила вгонять во взрывн. трубу столько или более материала. Расчет в моей книжке сделан на 100 атмосфер непрерывного давления, между тем, как, при быстром смеше-

нии и малости взрывной полости, оно может доходить до 3—5 тысяч атмосфер. Но когда развивается подобное давление, то клапаны им запираются, насос не действует и поршень лишь сжимает жидкость или пружинный шатун (примыкающий к поршню стержень) немного сжимается под влиянием движения мотыля (кривошипа). Однако это настолько краткий момент, что насос его почти не замечает. В этот момент газы вырываются, давление в трубе и на клапаны ослабляется и насос работает, как ни в чем не бывало.

Трудно теоретически определить наиболее выгодный диаметр начала взрывной трубы, но он не может быть меньше примерного размера насосов. То есть диаметр трубы не менее 2—4 сантим. Значит, площадь от 4 до 16 кв. сант. Наибольшее давление на дно, предполагая 3000 атмосфер, не превысит 12—48 тонн. Но это только на короткий миг (удары). Нам достаточно среднее давление в одну тонну.

И при этом уже возможны полеты. При конической трубе еще прибавляется составляющее продольное давление, благодаря наклону трубных стенок. Значит, среднее давление на дно может быть меньше одной тонны.

Но сильное давление на короткий момент или толчки не выгодны, так как заставляют делать массивнее взрывную трубу и клапаны, что увеличивает тяжесть ракеты. Поэтому смешение не должно быть тщательным. Надо начать опыты с решеток не очень мелких, чтобы избежать мгновенного взрыва и ужасных ударов, хотя в виду присутствия внешнего атмосферного давления выгоднее быстрый взрыв и большое давление. Дабы уменьшить разрушительные для трубы удары, можно ее сделать сначала просторнее и крепче чем по расчету.

Мотор, накачивающий горючее и кислород, будет работать почти впустую, а массивность трубы нужна будет только для коротких толчков. Но для начала можно пренебречь экономиею веса. Потом надо стре-

миться удлинить моменты давления, что бы они занимали, покрайней мере, половину всего времени, или столько же, сколько моменты слабого или нулевого давления. Для этого придется или участить число движений насосов или увеличить их об'ем. Первое выгоднее, так как даст более равномерное давление. Тогда использование массивности трубы будет больше, так как среднее реактивное давление пропорционально увеличится. Работа же мотора возрастет **несильно**, так как вкачивание должно совпадать с наименьшим давлением в трубе, которое бывает после взрыва Только движение поршней будет прерывестее и пружиность шатуна или мотыля должна увеличиться.

Крепость трубы используется тут тем, что усилится ее действие или получится большее среднее реактивное давление при том же весе трубы. Но можно не усиливая реактивное действие, уменьшить массу трубы, увеличивая число взмахов насоса и уменьшая в то же время их об'ем.

Но возвратимся к первым опытам и первым скромным числам. Скорость движения струи в насосах, при площади сечения от 2 до 8 кв. сант., будет от 50 до 125 сант. в секунду (об'ем насосов от 4 до 40 кб. с. Число оборотов моторы—25 в секунду.

При выходе из трубы газы не могут иметь менее одной атмосферы давления. Если положить разрежение в 1300, то абсолютная темпер. выходящих из взрывной трубы газов будет 625 или 352° Ц. („Исследование" 26 г., стр. 33). Значит вылетающие газы в атмосфере еще будут очень горячи и использование тепла (обращение его в движение) будет никак не более 95%, а на самом деле гораздо меньше, ибо температура выходящих газов будет, вероятно, много выше. Их скорость не будет превышать 3—4 кило в секунду (там же, стр. 42). Надо добиваться наибольшей скорости, что возможно только при определенных размерах трубы. Широкое основание трубы безопаснее, но дать наибольших скоростей такая труба не может.

В редких слоях воздуха или в пустоте разрежение может быть очень высокое и будет зависеть от размеров и формы трубы. Температура уходящих продуктов горения будет очень низка, использование температуры наибольшее и скорость максимальная. Но нам придется начать полеты в атмосфере и потому расчитывать на выгоды пустого пространства мы можем только потом, когда достигнем успеха в воздухе. В пустоте, напр., наибольшее давление газов в трубе может быть очень малым и мы ничего от этого не потеряем (См. Исследование...). Из этого видно, что современем, поднявшись в разряженные слои атмосферы с помощью массивной трубы, мы можем ее отбросить от себя и продолжать полет при помощи трубы более легкой, с малым давлением. Но малое давление (сжатие в атмосферах) заставило бы переделать трубу: при выходе из атмосферы сделать ее шире и длиннее, без изменения общего веса, ибо стенки при этом утоньшатся. Такое изменение в пути невозможно, а потому труба, приспособленная к воздушному давлению остается без изменения и в пустоте. Было бы полезно ее удлинить, т. е. сделать насадку на конец трубы, что может быть и будут делать в разреженных слоях воздуха и вне атмосферы. Это возможнее.

Есть еще способ высшего использования энергии взрывания: уменьшить в пустоте расход взрывчатых веществ в секунду. Но это возможно только в ограниченном размере, смотря по начальной силе взрывания в атмосфере. Она может быть так мала, что и уменьшать будет нечего. Все же, по мере увеличения ракетной скорости, силу взрывания в пустоте можно ослаблять почти до нуля.

Какова же будет толщина стенок и вес взрывной трубы? Давление газов (на кв. сантиметр) с удалением от начала трубы быстро падает вследствие их разрежения и происходящего от того охлаждения. Распределение плотностей и температур в трубе подобно такому же распределению их в отвесном столбе атмосферы, хотя

полной тожественности и нет. Действительно, хотя газы первое время (т. е. на некотором протяжении от начала трубы) и расширяются, но температура их не понижается и равна температуре диссоциации продуктов горения. Это оттого, что сначала только часть элементов соединяется химически, другая находится в состоянии разложения, ибо полному химическому соединению мешает высокая температура (3—4 тысячи град. Цельсия). Когда же соединение **всех** элементов закончится газы будут расширяться и охлаждаться, как в столбе атмосферы.

Отсюда видно, что только начало взрывной трубы подвержено сильному давлению. Мы будем расчитывать вес трубы и толщину ее стенок лишь на 1 метр длины и на постоянное давление в 3.000 атмосфер, хотя среднее давление, в особенности при первых опытах, будет гораздо меньше.

Если диаметр трубы в несколько раз больше толщины ее стенок, то можно принимать (при обыкновенном хорошем материале), что вес сосуда в **шесть** раз больше, чем вес сжатого в сосуде воздуха (или газа плотности и упругости воздуха). Но здесь этот закон не применим, так как толщина стенок составляет значительную часть диаметра трубы. За то, при нашем расчете на достаточную поперечную прочность, продольная прочность окажется избыточной (т.-е. гораздо больше, чем нужно).

Произведем же расчеты.

$$1 \ldots \text{Т} = \text{Рн} - \text{Рв}.$$

Здесь даны толщина стенок трубы и радиусы ее: наружный и внутренний. Далее

$$2 \ldots \text{См} = 2\ (\text{Рн} - \text{Рв}) \cdot \frac{\text{Кс}}{\text{Пр}}.$$

Тут показаны: сопротивление материала трубы на протяжении единицы ее длины, коефиц. сопротив-

ления металла и желаемый запас прочности. Давление газов на том же протяжении будет:

$$3\ldots\ Дг=10^3.А.2Рв,$$

где (А) есть давление в метрических атмосферах. Приравнивая это давление с сопротивлением, из 1, 2 и 3 получим:

$$4\ldots\ \frac{Рн-Рв}{Рв}=\frac{Т}{Рв}=10^3.А.\frac{Пр}{Кс}.$$

Положим тут А=3.000; Пр=6; Кс=60 кило на кв. мм=6 . 10^6 гр. на 1 кв. с. Теперь найдем Т:Рв=3. Значит толщина стенок будет в 3 раза больше внутренняго радиуса трубы или в полтора раза больше ее внутреннего диаметра. Но есть материалы вдвое более прочные и запас прочности, в виду меньшего давления в трубе, можно также уменьшить вдвое. Тогда толщина стенок составит только $^3/_8$ радиуса или $^3/_4$ диаметра.

Вес трубы будет:

$$5\ldots\ Вт=\pi\ (Рн^2-Рв^2).Пл.100.$$

Это на протяжении 100 сант. (Пл) есть тут плотность материала. Мы принимали (2Рв) от 2 до 4 сант.

Из 5 и 4 найдем:

$$6\ldots\ Вт=\pi.А.Пл\ Рв^2.\left(10^3.А.\frac{Пр}{Кс}+2\right).10^5.\frac{Пр}{Кс}$$

Мы принимали внутренний диаметр трубы от 2 до 4 сант. или радиус от 1 до 2 с. Значит формула 6 даст при обычном материале и большом запасе прочности для веса трубы от 37,7 до 150,7 килогр. А для очень крепкого материала и меньшем запасе прочности от 5,2 до 20,7 килогр. Но можно обойтись без формулы 6. Действительно, (Рв)—от 1 до 2 сант. (Т)—от 3 до 6 с. (Рн)—от 4 до 8 с. Значит, вес трубы по форм. 5, будет 2512.($Рн^2$—$Рв^2$) или от 37,7 до 150,7 кило. Также

можно получить вес трубы, когда толщина составляет 3/8 внутр. радиуса.

Что же выходит? Наибольший вес трубы не превышает 151 килогр. и это при трате **одного килограмма** взрывчатых веществ в секунду. Это более, чем достаточно для заотмосферных полетов при полном весе ракеты в 1 тонну. Все остальное весит очень немного. Вес мотора с насосами и трубами не более 10 кило. На раму, баки, рули, пилота и проч. положим 140 кило и того всего будет около 300 кило. На взрывчатые вещества останется 700 кило, т. е. вдвое больше.

Для первых опытов и даже для полетов в стратосфере и пустоте этого может быть довольно. 700 кило водородных и кислородных соединений хватит на взрывание в течение от 700 до 7000 секунд, или от 11,7 минут до 1 часа 57 минут.

И труба и весь снаряд, при опытах на месте, могут быть еще легче: до 100 кило.

Кислородное эндогенное соединение или смесь. На первое время можно употребить жидкий воздух. Примесь азота ослабит взрыв и понизит максимальную температуру. Современем количество азота следует понемногу убавлять. Температура от этого повысится немного в виду явлений диссоциации. Холодная жидкость, входя в отделение взрывной трубы, весьма полезна для ее охлаждения. Жидкий воздух очень дешев и может быть еще дешевле.

Плотность его близка к единице, теплота испарения ничтожна (65), температура—194, теплоемкость не велика. Нагревая и испаряя его, мы немного теряем энергии, тем более, что она получается от перегретых частей трубы, охлаждение которых совершенно неизбежно.

Выгоднее жидкого воздуха был бы азотный ангидрит (N_2O_5), если бы не его дороговизна, химическое действие, неустойчивость и ядовитость. В нем кислорода втрое больше, чем азота. При том это есть эндогенное соединение и потому оно при разложении вы-

деляет тело, его пришлось бы и подогревать, так как при обыкновенной температуре он тверд. Не порекомендуют ли знаменитые немецкие физики более подходящие эндогенные соединения кислорода! Но понемножку жидкий воздух можно заменить кислородом (из воздуха), который во всех отношениях лучше N_2O_5. Его температура в открытом сосуде—182°Ц. Жидкий кислород из воздуха почти чист.

Водородное соединение. Жидкий водород вообще неприменим, в особенности на первое время. Причина: дороговизна, низкая температура, теплота испарения, трудность хранения. Практичнее употребить углеводороды с возможно большим относительно количеством водорода. Энергия их горения почти такая же, как разделенных водорода и углерода. Продукты горения парообразны или газообразны. Только примесь углерода повышает температуру горения, вследствие его большей трудности диссоциации.

Но углеводороды с наибольшим процентом содержания водорода газообразны, как, напр., метан (CH_4), или болотный газ. Обращается он в жидкость трудно и на первое время не применим, хотя в нем водорода только в 3 раза (по весу) меньше, чем углерода. Подходящее будет бензол (C_6H_6), хотя в нем углерода в 12 раз больше, чем водорода. Еще доступнее нефть с возможно большим содержанием водорода. Она даже дешевле жидкого воздуха. Нефть есть смесь углеводородов. В предельном углеводороде ($C_n H_{2n+2}$) водород составляет не менее шестой доли (по весу) и не более третьей. Повторяем, что все углеводороды, в отношении химической энергии, могут считаться, приблизительно, за смесь водорода с углеродом. Плотность их большею частью меньше единицы. Все они выделяют летучие продукты и потому пригодны для ракеты.

Максимальная скорость продуктов горения, при замене водорода углеводородами, немного уменьшается: примерно, с 5 кило до 4 кило (см. **Исследование**, стр. 16). Это при кислороде, содержащем немного азота.

Температура. Для начала, чем она будет ниже, тем лучше, так как легче найти материалы для взрывной трубы. Примесь азота к кислороду поэтому полезна. Холодность жидкого воздуха и охлажденной им нефти— также, хотя это охлаждение заставляет нас терять энергию. Но углерод нефти температуру горения возвышает. В этом отношении выгоден был бы чистый водород, к которому может быть и перейдут **современем.** Может быть найдут его выгодные эндогенные соединения. **Очень был бы выгоден одноатомный водород (H); если верить сведениям, то он выделяет на 1 грамм, при образовании двухатомного водорода (H_2), 50.000 колорий, т. е. почти в 16 раз более, чем грамм гремучего газа.** (См. мое **Исследование** 1903 г.) **Отсюда видно, что существуют практические источники энергии в десятки раз более энергичные, чем самые могучие из известных (как гремучий газ, окисление кальция и другие).**

Сколько бы ни выделяли тела тепла при горении, их температура не может превышать температуры диссоциации. Для воды же она гораздо ниже, чем для углекислого газа. Все же приходится предпочесть пока нефть, богатую водородом, в виду ее доступности. Притом высокая температура горения углерода несколько понижается от присутствия паров воды, которые разлагаются этой высокой степенью тепла.

В общем, если бы не было искусственного и естественного охлаждения трубы, высшая температура ее могла бы достигать 3000° Цельсия. Но газы, после смешения, взрывания и достижения высшей температуры, устремляются к выходу, все более и более расширяясь и от того охлаждаясь: беспорядочное тепловое движение, благодаря направляющему действию трубы, превращается в согласное, механическое, струйное. В пустоте температ. вылетающих газов должна бы достигнуть абсолютного нуля, так как там расширение не ограничено внешним давлением. В атмосфере же, при достаточно длинной конической трубе, темпер. понизится до 300 — 600° Ц. Средняя темпер. взрывной трубы поэтому не может

быть очень высока: ведь тепло от накаленных ее частей быстро убегает к холодным. Кроме того, труба непрерывно охлаждается снаружи и внутри. В самом деле, в перегороженную ее начальную часть проникают непрерывной струей две очень холодные жидкости: жидкий воздух и охлажденная им же нефть. А наружные стенки трубы еще охлаждаются холодной нефтью, которая сама охлаждена окружающим ее жидким воздухом. Отсюда видно, что лишь центральная часть газового столба во взрывной трубе может иметь высшую температуру, части же его (продукты горения), прилегающие к стенкам, имеют температуру умеренную, так как охлаждаются холодной (вернее—не очень накаленной) трубой.

Материалы взрывной трубы. Не может ли и при этих условиях расплавиться и загореться труба? Или хотя-бы ее часть, подверженная высшей температуре? Горению металла (т.-е. соединению его с кислородом или другими веществами) в начале трубы мешает низкая температура жидкостей и холодные стенки трубы. Перегородка тут препятствует химическому процессу, а значит и выделению (рождению) тепла. Уже за перегородкой происходит смешение и горение. Тут температура достигает максимума. Но кислород быстро поглощается водородом и углеродом, не имея возможности сильно действовать на охлажденный металл трубы и соединяться с ним химически. При избытке водорода смесь даже обладает восстанавливающей силой, т.-е. раскисляет металл. Сравнительно низкая температура стенок трубы даже мешает их расплавлению. Но не мешает применить перемешивание нефти.

Безопасность взрывной трубы можно видеть из техники сваривания железа ацетилено-кислородным пламенем. Температура его выше температуры горения наших взрывных веществ, ибо берется чистый кислород и ацетилен (C_2H_2) содержит много углероду. При избытке водорода (т.-е. его соединения — ацетилена) железо не только не горит, но даже окись его восста-

новляется. Оно и не плавится, если его охлаждать хотя-бы водой с задней стороны, так как не может достигнуть температуры плавления. Большие массы металлов затруднительно сплавлять, ибо их прежде нужно сильно нагреть.

Все же мы должны стремиться к тому, чтобы материал трубы был не только крепок и тугоплавок, но и обладал хорошею теплопроводностью, также малым химическим сродством с кислородом и другими элементами, входящими в состав взрывчатых веществ.

Много тел имеют высокую температуру плавления. Например, вольфрам плавится при 3200° Ц. Но металлы такие редки, дороги и обработка их в больших массах пока невозможна в силу именно их тугоплавкости. Пока от подобных материалов приходится отказаться. Начать придется с простого железа. Температура его плавления в чистом виде 1700° Ц., стали—меньше (около 1200—1300). А нам ее как раз и придется употребить в виду ее крепости. Чтобы ее увеличить, можно сплавлять ее с вольфрамом, хромом, никкелем, марганцем, кобальтом и т. д. Тут нужны указания специалистов, каких не мало среди немцев.

Полезно было бы покрыть стальную трубу слоем хорошо проводящего тепло металла в роде красной меди, аллюминия и проч. (для лучшего охлаждения трубы). Но эти вещества обыкновенно или легкоплавки или непрочны. Поэтому такой прием не экономен в отношении веса. Разве металлурги укажут нам подходящий для того материал. До тех же пор придется обойтись без этих покрышек и довольствоваться лучшим сортом стали и ее теплопроводностью, которая, повидимому, достаточна для первых опытов.

Если бы даже взрывная труба в месте ее высшей температуры немного и пригорела, то и то была бы беда не очень значительная. Ведь толщина ее стенок тут как раз наибольшая.

Сделаем еще обозрение работы всей машины, чтобы лучше судить о необходимых качествах разных материалов, входящих в ее состав.

Пускаем бензиновый мотор вхолостую. Заметим, что, для уменьшения массивности его маховика, полезно сделать двигатель многоцилиндровым, напр., двухцилиндровым двойного действия.

Сцепляем мотор с двойным насосом, который начнет выкачивать из баков страшно холодные жидкости и вгонять их в перегороженное начало трубы. Начнутся взрывы. (Собственно, ряд холостых выстрелов). Часть трубы за перегородкой накалится и тепло будет распространяться по трубе в обе стороны, значит и на перегороженную часть. Поэтому жидкости, еще не доходя до перегородок, будут нагреваться, обращаться в газы и пары.

Через решетки уже будут вырываться газообразные вещества более или менее плотные. Смешение этим облегчится, так что, может быть, не понадобятся и решетки. Но начало взрывной трубы, клапаны и насосы будут в прохладе и потому пострадать никак не могут. На них пойдут обыкновенные материалы.

Каждый взмах насоса дает взрыв. Сгущенная взрывная волна, дав могучий толчок трубе и соединенной с ней раме, распространится вдоль трубы в виде расширяющейся и охлаждающейся от этого газовой массы. До конца трубы, при атмосферном давлении, доходит не очень горячий газ—с температурой в 300—600° Ц. Во всяком случае ее легко вынесут металлические рули. В пустоте же температура окажется совсем низкой, в зависимости от расширения трубы и длины ее. Частые взрывы (до 25 в секунду) сливаются в один и дают тягу (ряд отдач) или движение аппарату.

Успех опытов на месте (в станке) в следующем:

1. Аппарат должен оставаться целым, а взрывная труба не должна доходить до полного разрушения после израсходования всех взрывчатых веществ.

2. Массивность аппарата при этом должна быть наименьшей.

3. Реактивное давление должно быть наибольшим, согласно быстроте расходования продуктов взрыва и их качеству.

4. Для этого сгорание должно быть как можно совершеннее.

5. Также температура оставляющих трубу газов—наименьшей.

6. Прибор должен поворачиваться по желанию опытного управителя и сохранять желаемое направление.

7. Работа насосов не должна быть велика.

После опытов на одном месте и достижения успеха, можно снаряд поставить на четыре колеса и катиться реактивным действием на аэродроме. Сначала он может быть обыкновенных размеров, но, по мере увеличения скорости, размеры его должны возрастать. Возможно, что придется воспользоваться в тихую погоду озером и гласером, сняв колеса.

При 4-х колесах придется управлять одним отвесным рулем поворота, при двух колесах, вдоль—рулями поворота и боковой устойчивости, наконец, при одном колесе—всеми рулями.

Затем, с аэродрома или озера можно начать взлеты, не выходя за пределы тропосферы. Для облегчения этого следует к аппарату приспособить аэропланные крылья, а рули увеличить настолько, чтобы они могли служить для планирования и при отсутствии взрывания.

Дальнейшее уже описано мною в „**Исследовании**" 1926 года. Впрочем, опытные работы могут повести нас и по иному пути. Они вернее направят нашу деятельность.

Безопасность работ. Все опыты надо производить умеючи и с крайней осторожностью. Запас элементов взрыва сначала должен быть очень небольшой: примерно для десятка взмахов, т. е. для десяти холостых выстрелов. Насосы можно взять наименьших размеров или ход их поршней сократить и приводить их в дей-

ствие руками или ногами. После каждого опыта, т. е. немногих взрывов осматривать состояние взрывной трубы, клапанов, рамы и всего аппарата. Только понемногу учащать число взрывов и их силу.

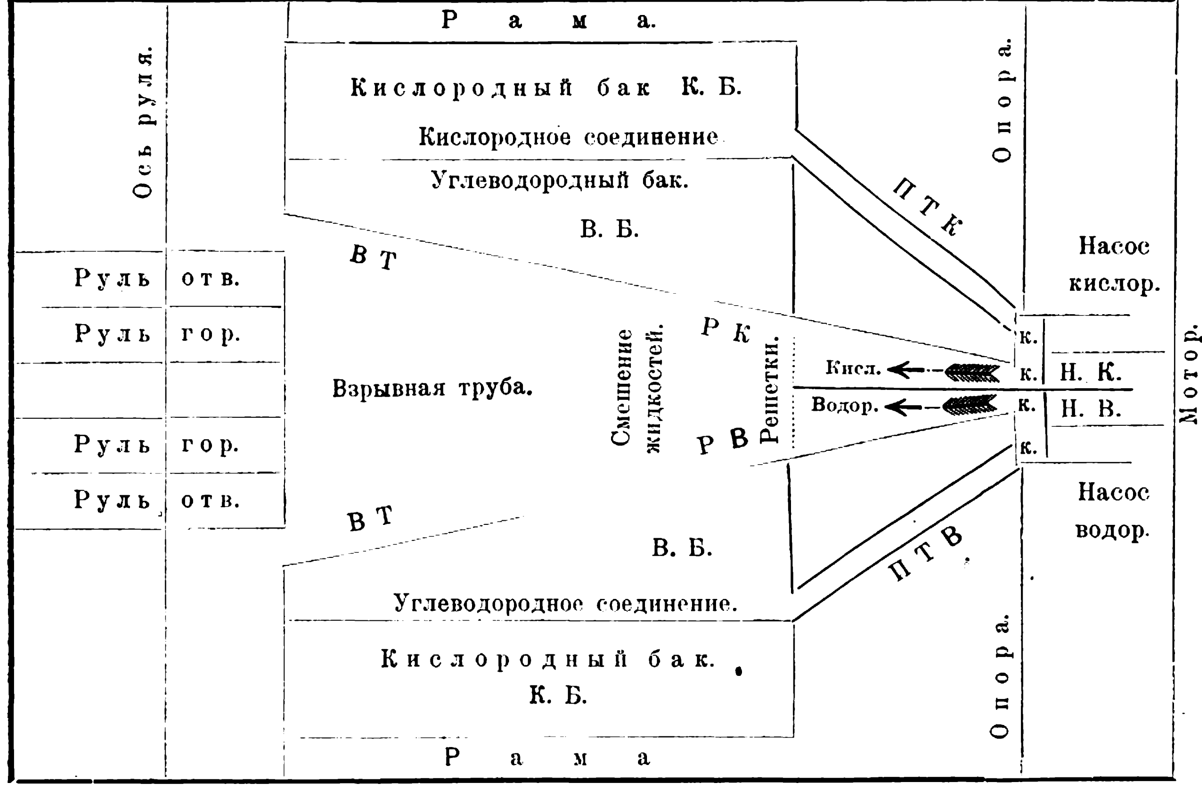
Для начала можно воспользоваться короткой цилиндрической взрывной трубой с постоянной толщиной стенок, потом такую же, но длиннее и с утоньшением стенок к выходному отверстию, далее-коническую с быстрым утоньшением стенок к концу. При наименьшем весе трубы (по расчету) надо ограждать ее на случай разрыва другой трубой.

Охлаждение, на первое время, можно делать водой (как охлаждаются пушки), запасы взрывчатых материалов держать друг от друга в отдалении, хотя только **быстрое** смешение этих запасов может дать опасный взрыв в помещении. Они же у нас лежат в разных сосудах и сами по себе совершенно безвредны (только сосуд с жидким воздухом должен иметь сверху отверстие для свободного испарения. Чтобы его меньше уходило, следует ограждать сосуды от проникновения внешнего тепла. В пустоте это легко, в воздухе же нужны сосуды на манер дюаровских. Впрочем взрывание так недолго в космической ракете, что вне опытов эти предосторожности излишни, так как потери и при обыкновенных баках незначительны).

Учащая число взрывов и порцию каждого заряда, в конце концов, прибегнем к мотору и к типу снаряда более или менее близкому к нашему чертежу.

В сущности мы имеем дело с частым рядом не очень сильных холостых выстрелов. Поэтому если взрывная труба достаточно крепка или предохранена, то мы ничем не рискуем, производя свои эксперименты. Но опыты должны руководить нами. Ничего абсолютно верного мы не должны считать в наших теоретических указаниях.

К. Циолковский.



Все буквы русские.
Рама.
Кислородный бак К. Б.
Кислородное соединение
Углеводородный бак.
В. Б.
Ось руля.
Руль отв.
Руль гор.
Руль гор.
Руль отв.
В Т
Взрывная труба.
В Т
Смешение жидкостей.
Р К
Р В
Решетки.
Кисл.
Водор.
П Т К
П Т В
Опора.
Опора.
к.
к.
к.
к.
Н. К.
Н. В.
Насос кислор.
Насос водор.
Мотор.
В. Б.
Углеводородное соединение.
Кислородный бак.
К. Б.
Рама

Возражение тов. Ладеману на его немецкую статью от 28 апр. 1927 г. в органе ZFM **германского воздухоплавательного общества** (W. G. L.).

1. Глубокоуважаемый тов. Ладеман говорит, что железо при температуре жидкого воздуха делается негодным в отношении крепости.

Об увеличении крепости железа при температуре жидкого воздуха я передал в 1903 г. только то, что сам читал и нисколько не настаиваю на истине прочитанного, раз оно оказалось неверно. На практике взрывная труба такой степени холода и не будет иметь. Охлаждается она нефтью, которая, в свою очередь, охлаждается ожиженным воздухом. Хорошо, если труба не расплавится и не сгорит, нефть не будет кипеть и жидкий воздух не очень быстро улетучиваться. Что уж тут думать о температуре жидкого воздуха для взрывной трубы!

2. В работе 1903 г. говорится о прямой взрывной трубе (вроде рупора). Чертежи в журналах (**Природа и Люди**, 1914 г.. № 4) также указывают на прямую коническую трубу. Такую же трубу я проектирую и в последней работе 26 года. В перепечатку (1924 г.) труда 1903 года попал другой чертеж, взятый мною из популярной работы 1914 г., где я предлагал изгибы взрывной трубы ради устойчивости снаряда. Попал он в перепечатку (в 1924 г.) только потому, что не было другого клише. Теперь нет никакой надобности поднимать спор о жироскопичности моей трубы 14 года, так как я, по разным соображениям, отказываюсь от кривой трубы, и возвращаюсь к прямой и насосам, изображенным в журналах 1914 года и принятым еще в работе 1903 г.

3. Жидкий водород я приводил в пример для простоты и как идеальный случай. На стр. 12 (работы 1903—1924 г.) говорится о замене его на практике углеводородами.

4. Тов. Ладеман говорит, что никто не станет ставить в реактивном приборе рули позади пропеллера, (т. е. в потоке газов), так как это ослабит реактивное действие. Последнее верно, но ослабление тут незначительное. Напомню, что у пароходов, подводных лодок, аэропланов и дирижаблей рули ставятся позади пропеллера. Даже у рыб и птиц руль позади. Руль близкий к потоку, рождаемому пропеллером, особенно хорошо действует. Такой руль работает даже тогда, когда пароход еще не получил поступательного движения.

Если у аэроплана рули далеко от воздушного винта, то это вызывается особенными причинами, разбирать которые сейчас нет надобности.

5. Тов. Ладеман находит, что мой труд 26 года ничего нового не содержит. Это только доказывает его недостаточное знакомство с ним, в чем виноват я, так как на обложке, по моей рассеянности, осталась заметка, что работа эта есть перепечатка трудов 1903—1911 года. У меня сначала и было такое намерение, но я его потом изменил: все переработал, а на переиздание старого не хватило средств и потому напечатать пришлось почти одно только новое. Так Н. А. Рынин, в противоположность сказанному мною на обложке, писал мне: однако, в вашей книжке я нахожу много нового. То же писали и другие. Я. И. Перельман писал, что это долгожданный труд.

6. Мои формулы сопротивления продолговатых плавных тел (подробности в издании 27 г.) совершенно новы, но могут ввести в заблуждение без последующей заметки, которой, к сожалению, я не сделал в своих последних работах.

Формулы не дают большой ошибки лишь т[illegible]
когда не происходит значительного уплотнени[illegible]
от быстроты движения и нел[illegible] [illegible]ной ост[illegible]
продолговатости и плавност[illegible]
нимы к обычным артиллер[illegible]
имеют общепринятую фо[illegible]
вает, что предельная з[illegible]

(V) тела и его продолговатостью (X) (или отношением длины к наибольшему поперечнику) выражается формулой: $V = 100 . X$, где (V) выражена в метрах. Так если $X = 3, 4, 5, 10$, то $V = 300, 400, 500, 1000$ метров. При этом ошибка не больше 4%. Если же **скорости** будут **меньше**, а **продолговатости больше**, то ошибка будет меньше и формулы будут ближе к истине. Нарушение указанной формулы не выгодно в ракетном приборе, так как увеличивает сопротивление воздуха. Гораздо проще, при большой скорости, удлинить прибор.

К. Циолковский.

Адрес: **Калуга, Жорес, 3; SSSR (Russia), Kaluga, Żiolkowsky.**

Неисправленные опечатки в Исследовании 26 г.

Треть дробь на стр. 12 должна быть такой: $\left(\frac{r_2}{r}\right)$.

Опечатки в Сопротивлении 27 г.

Стр. 2, форм. 175 надо: ($Ск^2$) а не ($Ск^3$). Форм. 112: надо (A^2). Форм. 136: надо ($Скп^2$). Форм. 139: надо ($Уз : 2$). После форм. 39 надо (M), а не ($Λ$).

в „Общечеловеческой Азбуке“ 27 г.:

англичане надо зачеркнуть.

2000 экз.